

Técnicas de investigación como metodología docente en Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Cereales: Calidad harinopanadera de la harina de teff (*Eragrostis tef* (Zucc.))

Tesfaye, W.¹, Diezma, B.², Camps, M.³, Alonso, E.⁴ y Callejo, M. J.^{1*}

¹ Doctor, Profesor titular de Universidad, Dpto. Tecnología de Alimentos, E.T.S.I. Agrónomos –U.P.M.-

² Profesor Titular de Universidad, Dpto. Ingeniería Rural, E.T.S.I. Agrónomos-U.P.M.,

³ Doctor, Catedrático de Universidad, Dpto. Ingeniería Rural, E.T.S.I. Agrónomos – U.P.M.-

⁴ E.T.S.I. Agrónomos –U.P.M.-

* mj.callejo@upm.es

Resumen

La experiencia descrita en este trabajo responde a la motivación de un grupo de profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid por implantar nuevas metodologías docentes, de cara a la puesta en marcha progresiva de los nuevos grados en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

El objetivo consistió en utilizar las técnicas de investigación como herramienta interactiva en el proceso de enseñanza – aprendizaje, para resolver un trabajo propuesto en la asignatura “Industrias de Cereales” durante el curso académico 2009/10. La colaboración de docentes de más de un departamento permitió enriquecer la experiencia, al aportar un enfoque multidisciplinar.

La tentativa (prueba), ha sido altamente satisfactoria tanto para los estudiantes como para los docentes. Una parte de los resultados obtenidos se han presentado como comunicación oral en el III Congreso de Estudiantes de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica, organizado por la Universidad Politécnica de Madrid (5 y 6 de mayo de 2010). Se espera seguir colaborando en la misma línea en cursos venideros.

Abstract,

The experience described in this work reflect the motivation of a group of teachers from the *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos* of the *Universidad Politécnica de Madrid* for implementing new teaching methodologies, as initiative for the gradual introduction of new degree programme in the **European Higher Education Area (EHEA)** framework.

The aim was to use the research techniques as an interactive tool in the process of teaching and learning, in order to resolve a proposed activity with in a subject called “Industrias de Cereales” during the academic course 2009/10. The participation of lecturer from different departments’ improved the experience, by providing a multidisciplinary approach.

The attempt has been highly successful for both students and teachers. Some of the results have been presented as oral communication in the *III Congreso de Estudiantes de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica*., organized by the *Universidad Politécnica de Madrid* (5 and 6 of May, 2010). We are looking forward to work on the same line in future courses.

1.- Introducción y objetivos

La puesta en marcha de nuevas asignaturas en el marco del EEES requiere la implantación de nuevas metodologías interactivas en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La (utilización) aplicación de las técnicas de investigación para la resolución de un objetivo propuesto favorece, no solo que los estudiantes se involucren de forma más activa en el proceso de aprendizaje, sino que además adquieran (desarrollen) competencias transversales, tales como: identificar, formular y resolver problemas; analizar e interpretar datos; participar en equipos multidisciplinares; y familiarizarse con las técnicas, habilidades y herramientas modernas (incluyendo idiomas) necesarias para la práctica de la ingeniería y de la investigación en este ámbito.

La experiencia que se describe en este trabajo pretende dar continuidad a otras actuaciones en las que ya han participado algunos de los profesores que toman parte en ésta (Callejo y col. 2009). Se ha puesto en marcha con el grupo de estudiantes matriculados durante el curso 09/10 en la asignatura “Industrias de Cereales”, que se imparte como asignatura optativa en el segundo ciclo de las titulaciones *Ingeniero Agrónomo* y *Tecnología de Alimentos* de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los objetivos propuestos son:

- Fomentar la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje y afianzar los conocimientos adquiridos en el aula, mediante la utilización de técnicas de análisis instrumental y sensorial para evaluar la calidad de los productos derivados de cereales.
- Mostrar al estudiante la importancia de la investigación como base para la resolución de problemas y para la adquisición de conocimientos (“WE ENGINEER LIFE, FOOD AND ENVIRONMENT”).
- Transmitir al estudiante la necesaria complementariedad entre las actividades docente e investigadora en la Universidad.

2.- Materiales y Métodos

La experiencia se ha llevado a cabo durante el curso 2009/10 en la asignatura optativa de segundo ciclo “Industrias de Cereales”. Los estudiantes se organizaban de 4 en 4 en grupos formales de aprendizaje cooperativo, para resolver el siguiente estudio de caso: Evaluación instrumental y sensorial de panes elaborados con harina de teff (*Eragrostis tef* (Zucc.)).

Previamente, se explicaba en el aula el origen de este cereal, sus características generales y la forma tradicional de su consumo, así como su importancia desde el punto de vista nutricional y la posibilidad de incluirlo de forma novedosa en la dieta española, todo ello basado en investigaciones ya realizadas. Se preparaba a los estudiantes para el uso de herramientas de búsqueda y gestión bibliográfica tanto en libros como en revistas y a través de los portales disponibles en la universidad (Web of Knowledge, Scencedirect, Dialnet...).

Al mismo tiempo, se facilitaba a cada grupo de estudiantes la que sería su muestra asignada durante la experiencia. Dado que había cuatro grupos, se prepararon 4 mezclas distintas, a las que se denominó A, B, C y D, y que contenían diferentes proporciones de harinas de trigo y teff, según se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Códigos asignados y proporción de harinas de trigo y teff en las diferentes muestras analizadas.

Código de la muestra	Proporción de harina en la mezcla	
	Trigo (%)	Teff (%)
A	100	-
B	85	15
C	70	30
D	70*	30

*Para enriquecer los resultados, para la mezcla D se empleó una harina de trigo de gran fuerza, mientras que en las muestras A, B y C se empleó harina de trigo de media fuerza.

A partir de ese momento, cada grupo de estudiantes tenía que acudir al laboratorio con la muestra asignada, donde se le explicaría el fundamento de las técnicas de análisis que se iban a utilizar y se procedería al análisis. Las técnicas empleadas se describen a continuación:

2.1. Determinación de las propiedades reológicas de las mezclas: se llevaron a cabo las siguientes análisis: humedad, alveógrafo de Chopin (Figura 1), consistógrafo de Chopin e Índice de caída, utilizando la metodología que se describe a continuación:

- Humedad de la harina (Método AACC 44-15A).
- Alveógrafo de Chopin (Método AACC 54-30).
- Consistógrafo de Chopin (Método AACC 54-50).
- Índice de Caída: *Actividad α -amilásica* (Método AACC 56-81B).



Figura 1.- Vistas del alveoconsistógrafo de Chopin. Izquierda: de frente, derecha: amasadora.

2.2. Diseño un protocolo de panificación para cada mezcla de harinas, en función de los resultados del punto anterior: para ello, los estudiantes acudieron a la planta piloto de panificación. En la Figura 2, se recogen algunas imágenes tomadas durante las elaboraciones.

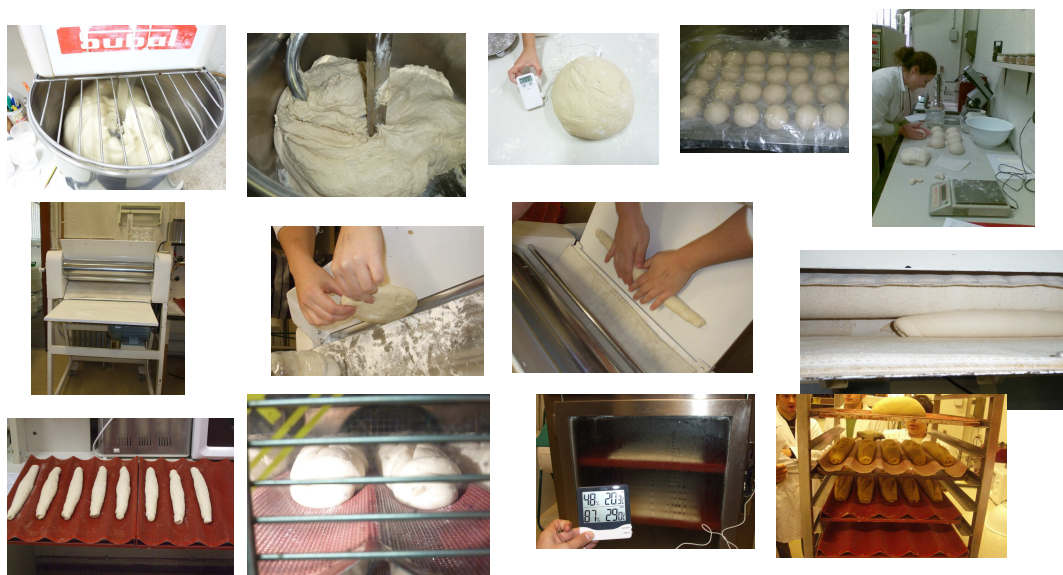


Figura 2.- Diferentes registros fueron tomados durante los procesos a escala piloto: fila superior, amasado y boleó; fila central, formado; fila inferior fermentación y precocción.

Se transmitió a los estudiantes la importancia de controlar todos los parámetros en cada una de las operaciones del proceso productivo. Se les invitó a utilizar, para ello, la ficha de control que aparece en la Figura 3.

ENSAYO DE PANIFICACIÓN EXPERIMENTAL PARA PAN DE PRECOCIDO FORMATO BARRA			
FECHA: 4 Noviembre	ENSAYO: B	AMBIENTE	OBRAJERO
Cód. Prueba: Curso 2009/10		Temp.: °C	Hg. Rel. %
FORMULACIÓN:			
HARINA: 3 Kg. (Mezcla: Trigo: 85%; Tipo: V18 ; teff: 15%) ; T*: 20.4°C W: : P/L: : I. Hagberg: s; Hd.: %; HYD 22000:			
AGUA Hidratación: 50 % Vol.: 1500 ml (en 3 Kg). Temp.: 6.6 °C			
LEVADURA DESHIDRATADA	g	Dosis: %	OBSERVACIONES:
SAL	g	Dosis: %	
ADITIVOS Y COADYUVANTES:			
Harina de maiz	g	Dosis: %	
Mejorante, tipo	g	Dosis: 0.3 %	
PROCESO			
AMASADO			
FINAL DE AMASADO	Tiempo: 19 min.	Temp.: 23.9 °C (± 25 °C)	
EXTENSIBILIDAD	Poco Extensible	Normal	Muy Extensible
ADHESIVIDAD	No Manipulable		Manipulable
OBSERVACIONES:			
REPOSO pastón (10 min)	OBSERVACIONES:		
DIVISIÓN (300 ± 5 gr)			
REPOSO bolas (10 min)			
FORMADO			
FERMENTACIÓN (tiempo: 45 min. T* en la masa: 27.3 °C(entrada): °C(salida))			
OBSERVACIONES:			
PRECOCIÓN (T ₁ = 220 °C; T ₂ = 165 °C; t ₁₋₂ = 3 min; t _{total} = 11 min vapor: 30 s)			
ENFRIAMIENTO (30 min)			
CONGELACIÓN (1h)			
Hora de entrada en el arcón:		Hora de emboisado:	
DESCONGELACIÓN (30 min T* ambiente)			
COCCIÓN FINAL (T ₁ = 210 °C; T ₂ = 180 °C; t ₁₋₂ = 5 min; t _{total} = 18 min vapor: 60 s; Tiro: 2 min)			

Figura 3.- Ficha de control de proceso.

En este punto hay que destacar el uso de técnicas de frío para conseguir pan de consumo diferido: para poder realizar de forma conjunta algunos análisis, se diseñó un protocolo de pan precocido congelado en la planta piloto. De esta forma, todos los ensayos descritos en el punto 2.3 y 2.4 se realizaban de forma conjunta en todas las muestras, una vez efectuada la cocción final. En la Figura 4, aparece una imagen de los 4 panes A, B, C y D, después de la precocción y una vez efectuada la cocción final.

Se les invitó a realizar todas las determinaciones por triplicado, con objeto de poder realizar el análisis estadístico de los resultados.



Figura 4.- Diferentes momentos después de la precocción y de la cocción final. Fila superior, durante la congelación; fila inferior, aspecto de los 4 panes A, B, C y D, una vez efectuada la cocción final.

2.3.- Utilización de técnicas instrumentales para evaluar la calidad de los panes: Peso (g) y Longitud de la barra, Densidad de la miga (g/cm^3), Humedad de la miga, Color y Textura de la miga. La metodología empleada se describe a continuación:

- Volumen: por desplazamiento de semillas (Método AACC 72-10).
- Humedad de la miga (Método AACC 44/15).
- Color: utilización de un espectrofotómetro visible Minolta (360 -740 nm a saltos de 10 nm) para la obtención del espectro y el cálculo de las coordenadas de color L^* , a^* , b^* .
- Textura: se determinaron los parámetros firmeza y elasticidad de la miga mediante un test de compresión-descompresión (Método AACC 74-09) usando un texturómetro TVT-3000XP).

Algunas imágenes tomadas durante la realización de estas determinaciones aparecen en la Figura 5.



Figura 5.- Evaluación instrumental de la calidad de los panes: fila superior, humedad de la miga; filas centrales, volumen de las barras y parámetros de textura de la miga; fila inferior, color de la miga.

2.4.- Utilización de pruebas de consumidores para evaluar la calidad sensorial de los panes. 84 personas llevaron a cabo la *Valoración hedónica mediante escala de 9 puntos* de los 4 panes elaborados.

Cada consumidor debía de probar las cuatro muestras de pan, cuyo orden de presentación fue asignado aleatoriamente (Figura 6). El cuestionario para la evaluación hedónica de los 4 panes incluía un apartado donde se les pedía que aportaran algunos datos como sexo, edad y frecuencia de consumo de pan. De esta forma, en el análisis estadístico de los resultados, se podía estudiar como influyen estos factores sobre la valoración hedónica de los panes.

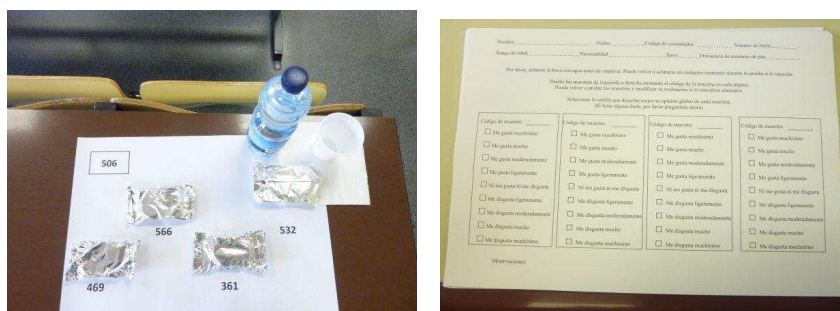


Figura 6.- . Puesto de cata (izquierda) y el cuestionario para la evaluación hedónica de los 4 panes (derecha).

Una vez finalizadas las cuatro etapas de análisis descritas anteriormente, todos los estudiantes ponían sus resultados a disposición del resto de los grupos a través de la plataforma virtual Moodle. Era el momento de elaborar una memoria con los siguientes apartados: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y discusión y las Conclusiones. Al principio de curso, se había fijado un día para la presentación oral de las memorias.

3.- Resultados y Discusión

El 89.47% de los estudiantes matriculados en la asignatura optó por la evaluación continua y la realización de este tipo de trabajos. Asimismo, todos los alumnos que eligieron la evaluación continua, llevaron a cabo todos los ensayos propuestos y elaboraron la memoria final según las indicaciones que se les había dado.

Los estudiantes se involucraron de forma muy activa, tanto en la realización de los ensayos propuestos, como en la preparación de la prueba sensorial de consumidores. En la Figura 7 se pueden apreciar algunos momentos durante la realización de la prueba.



Figura 7.- Imágenes tomadas durante la prueba sensorial de consumidores. Izquierda, puesto de cata; derecha, ejecución de la prueba.

La experiencia se enriqueció también al contar con la participación de 3 grupos de estudiantes de bachillerato que se acercaban en las *Jornadas de puertas abiertas* de la *Semana de la Ciencia* para conocer las actividades y posibles salidas del Ingeniero Agrónomo. Estos estudiantes de bachillerato realizaron las pruebas de consumidores descritas en el punto 2.4.; así la experiencia se ha transmitido también a jóvenes que, aun no siendo todavía universitarios, pueden conocer con una actitud más activa en qué se centran una parte de las actividades del Ingeniero Agrónomo en los futuros títulos universitarios y, al mismo tiempo, valorar la importancia de la investigación en la Universidad.

Los resultados obtenidos permiten aportar información sobre nuevas posibilidades de uso de un cereal, el teff, hasta ahora poco conocido en nuestro continente y con una serie de aspectos muy interesantes a lo hora de tenerlo en cuenta para el desarrollo de nuevos productos cocidos derivados de cereales. De hecho, una parte de los resultados obtenidos se ha presentado como comunicación oral en el III Congreso de Estudiantes de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica, organizado por la Universidad Politécnica de Madrid (Ezpeleta y Callejo, 2010) y se está realizando un Trabajo Fin de Carrera, que lleva por título “Desarrollo de nuevos productos sin gluten a partir de harina de teff”.

La exposición en el aula de las memorias realizadas para la resolución del problema propuesto, permitieron evaluar competencias transversales de los estudiantes.

Además las calificaciones obtenidas han sido especialmente altas en comparación con cursos anteriores. El 89.47 % de los estudiantes matriculados optó por la evaluación continua y la realización de este tipo de trabajos. Las calificaciones fueron: sobresaliente, el 31.58%; notable, el 52.63%; aprobado, el 5.26% y suspenso, el 10.53%, que fue obtenido por los estudiantes que no optaron por la evaluación continua.

4.- Conclusiones

La experiencia ha sido muy gratificante, tanto para los estudiantes como para todos los profesores que han participado.

La colaboración entre docentes de varios departamentos ha dado lugar a una actividad multidisciplinar, mostrando así a los estudiantes la complejidad de la aproximación científica a un problema cuya resolución requiere contribución de distintas área de conocimiento.

Bibliografía

- AACC 2000. Approved methods of the AACC. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Callejo M.J., González M.C., Chaya C., Rodríguez G., Díaz V., Correa E.C.. 2009. Nuevas metodologías con un enfoque interdisciplinar en la docencia de asignaturas relacionadas con la Tecnología de Alimentos. IV Jornada de Innovación Pedagógica del Proyecto ADA-Madrid. Universidad Carlos III. 10 marzo, 2009. Publicado en Revista Electrónica de ADA-Madrid –Relada- Vol 3, N° 1 (2009)
http://moodle.upm.es/adamadrid/file.php/1/web_IV_jornadas_ADA/comunicaciones/14_Callejo_et_al.pdf
- Ezpeleta J. y Callejo M.J. 2010. Calidad harino-panadera de la harina de teff (*Eragrostis tef* (Zucc.)). *III Congreso de estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica*. Universidad Politécnica de Madrid. Libro de Actas: 87-90.